

## ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ДИБОРИДА ГАФНИЯ И АЛЮМИНИЯ

С.А. БЕЛЯКОВИЧ<sup>1</sup>, А.П. ИЛЬИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Томский политехнический университет

E-mail: [sab41@tpu.ru](mailto:sab41@tpu.ru)

В настоящее время имеется необходимость в создании материалов для защиты от ионизирующего и нейтронного излучений, что связано с развитием ядерных технологий и увеличением объемов их применения. Новые материалы должны обладать невысокой плотностью и, как следствие, низкими массогабаритными характеристиками получаемых изделий. В работе в качестве решения предложен материал на основе диборида гафния и алюминия, так как последний характеризуется высокой поглощающей способностью нейтронов,  $\gamma$ -излучения и рекомендуется в системах защиты персонала от излучений. Вместе с тем, диборид гафния является тугоплавким и хрупким материалом, поэтому для исследования поглощающих способностей предложен его сплав с алюминием.

Целью работы являлось получение металлокерамического материала на основе диборида гафния и микропорошка алюминия: в том числе с использованием порошка алюминия, активированного СВЧ – излучением [1].

В работе использованы различные методики термообработки образцов, полученных в результате смешения навесок исходных порошков и последующим прессованием их в гидравлическом прессе. В поисковой части работы, целью которой было определение ограниченного числа значений соотношения компонентного состава смесей, было применено твердофазное спекание. Полученные смеси прессовали с помощью гидравлического пресса. Давление прессования – 1,5 МПа. Спекание прессованных таблеток осуществляли в муфельной печи при 550 °С в условиях ограниченного доступа кислорода в течение 4 часов. В таблице 1 приведены составы смесей порошков, спеченных в условиях твердофазного спекания. Смеси с идентичными составами были использованы для получения образцов на основе СВЧ-активированного алюминия.

Таблица 1 – Состав исходных смесей порошков  $\text{HfB}_2$  и  $\text{Al}$

№ п/п	Содержание $\text{HfB}_2$ , мас. %	Содержание $\text{Al}$ , мас. %	Содержание добавки, мас. %	Масса смеси, г.
1	90	10	0	5,5
2	50	50	0	10
3	10	90	0	9,5
4	50	20	30	8

Механическая прочность, а также внешний вид полученных образцов был оценен как неудовлетворительный. Материал, обладающий требуемыми прочностными характеристика, методом твердофазного спекания получен не был, плотность образцов снизилась, наиболее вероятно протекание окислительных процессов.

Во второй экспериментальной части работы были использованы следующие методы термической обработки: горячее прессование (ГП) с предварительным жидкофазным спеканием и горячее прессование без предварительного спекания.

Компонентный состав навесок смесей порошков для ГП с предварительным жидкофазным спеканием приведены в таблице 2. Одинаковые составы и масса навесок были использованы для создания образцов как на основе СВЧ – активированных порошков  $\text{Al}$ , так и на основе неактивированных порошков. Полученные навески были подвергнуты прессованию в гидравлическом прессе с давлением прессования 3 МПа. ГП проводили в графитовой пресс-форме в атмосфере аргона [2]. Прессование проведено в атмосфере аргона с величиной давления 1 атм при предварительной вакуумировании до 0,1 атм. Спекание и горячее прессование образцов осуществляли в несколько этапов. Первый этап:

жидкофазное спекание в вакуумной печи при температуре 700 °С, время выдержки 60 минут. Затем горячее прессование со следующим температурным режимом: нагрев линейно осуществлялся в течение 15 минут; выдержка в течении 20 минут при температуре ~850 °С; охлаждение в течение 15 минут до температуры около 400 °С; естественное охлаждение в течение 15 минут в рабочей камере. Параллельно выполнен режим прессования. Спеченные образцы имели цилиндрическую форму с диаметром  $1,5 \pm 0,02$  мм.

Таблица 2 – Состав смеси порошков  $\text{HfB}_2$  и Al для горячего прессования с предварительным спеканием

№ п/п	$\text{HfB}_2$ содержание, мас. %	Al АСД-6М содержание, мас. %	Al нанопорошок содержание, мас. %	Масса смеси, г.
1	90	10	–	20
2	80	20	–	20
3	90	–	10	20
4	80	–	20	20

Компонентный состав навесок смесей порошков для гп с предварительным жидкофазным спеканием приведены в таблице 3. Одинаковые составы и масса навесок были использованы для создания образцов как на основе СВЧ – активированных порошков Al, так и на основе неактивированных порошков. Горячее прессование осуществлялось согласно методике, описанной выше.

Таблица 3 – Состав смеси порошков  $\text{HfB}_2$  и Al для горячего прессования без предварительного спекания

№ п/п	$\text{HfB}_2$ содержание, мас. %	Al АСД-6М содержание, мас. %	Al нанопорошок содержание, мас. %	Масса смеси, г.
5	90	10	–	20
6	90	–	10	20

Были проанализированы плотности полученных образцов, а также замерена их твердость методом индентирования. В совокупности полученных данных, сделан вывод о том, что СВЧ-активирование порошка алюминия позволяет повысить механические свойства материала. Метод горячего прессования с предварительным жидкофазным спеканием позволил получить образцы с наиболее подходящими механическими характеристиками.

На основании проанализированных данных о плотности и пористости, а также данных наноиндентирования, образец, полученный методом горячего прессования с предварительным спеканием, и, содержащий 20 % порошка алюминия АСД-6М, активированного СВЧ-излучением, имеет в совокупности наиболее высокие механические свойства, что делает перспективным повышение активности порошков металлов.

#### Список литературы

1. Мостовщиков А.В., Ильин А.П., Чумерин П.Ю. Влияние СВЧ-излучения на термическую стабильность нанопорошка алюминия // Письма в Журнал Технической Физики. – Т. 42,– № 7. – С. 17–22
2. Хасанов О.Л. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий. Томск: ТПУ, 2008. – 212 с.